

УДК 550.383

ПРОЯВЛЕНИЕ ЭКСКУРСА ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ГЁТЕНБУРГ В ОСАДОЧНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ РЕГИОНЕ СРЕДНЕ-РУССКОЙ РАВНИНЫ

© 2012 г. Е. Г. Гуськова¹, О. М. Распопов¹, В. А. Дергачев², А. Г. Иосифиди³, Г. В. Сеницына⁴

¹ Санкт-Петербургский филиал ФГБУ науки Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН, Санкт-Петербург

² ФГБУ науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, Санкт-Петербург

³ ФГУП Всероссийский нефтяной научно-исследовательский геологоразведочный институт, Санкт-Петербург

⁴ ФГБУ науки Институт истории материальной культуры РАН, Санкт-Петербург

e-mail: oleg@or6074.spb.edu

Поступила в редакцию 29.09.2011 г.

После доработки 25.01.2012 г.

Проведено палеомагнитное исследование отложений археологических стоянок Баранова Гора и Подол III/1, расположенных вблизи оз. Волго в северо-западной части Средне-Русской равнины (56.9° N, 33.2° E). Палеомагнитные исследования для обеих стоянок впервые выявили в этом регионе развитие геомагнитного экскурса Гётенбург, который датируется 13000–12350 ВР. Выявление экскурса Гётенбург позволило уточнить временные рамки начала развития климатической фазы Аллерёд на Средне-Русской равнине.

1. ВВЕДЕНИЕ

Экскурсы геомагнитного поля являются надежным магнитохроностратиграфическим репером при изучении четвертичных отложений [Величко и Светлицкая, 1988; Петрова и др., 1992]. В настоящей статье излагаются результаты палеомагнитных исследований разрезов археологических памятников Баранова Гора и Подол III/1, расположенных вблизи оз. Волго на Средне-Русской равнине (56.9° N, 32.2° E) на расстоянии 500 метров друг от друга. По данным палинологического (спорово-пыльцевой) и археологического (сравнительный анализ ископаемого инвентаря) методов определения культурных слоев названных археологических памятников дно их раскопов соответствует времени 15–14 тысяч лет назад [Сеницына и др., 2005]. В то же время верхние слои раскопов имеют следы современного воздействия, поэтому временной интервал, охватываемый раскопами с целью археологического изучения, составляет примерно 14000–8000 лет назад. В этом временном интервале зафиксировано развитие геомагнитного экскурса Гётенбург, который был впервые обнаружен в ядрах озерных отложений в Швеции [Mörner et al., 1971; Mörner and Lanser, 1974]. В дальнейшем этим исследователям удалось выявить экскурс Гётенбург в осадочных отложениях в Канаде и Атлантике [Mörner, 1977]. Развитие экскурса по данным озерных отложений в Швеции происходило во временном интервале от 13750 до 12350 ВР^{*} [Mörner,

1977]. По данным отложений на окраине Южно-Китайского моря экскурс оценен в интервале 12960 ± 390 ВР [Wang et al., 1991].

Изменения магнитного поля во время экскурса имело нерегулярный характер, при этом около 12400 ВР поле претерпело кратковременную инверсию (*flip*) продолжительностью около 200 лет. Дальнейшие палеомагнитные исследования выявили экскурс Гётенбург в различных районах земного шара, что позволило говорить о глобальном характере развития экскурса [Петрова и др., 1992]. Этот экскурс был выявлен, в основном, при изучении озерных и морских отложений [Mörner, 1977; Кочегура, 1992; Демиденко и др., 1998; Гуськова и др. 2004; Гуськова и др., 2007]. Лишь в отдельных районах экскурс Гётенбург выявляется в континентальных отложениях, в основном, при изучении археологических памятников [Бураков и Начасова, 1991; Петрова и др., 1992].

В Европейской части России экскурс Гётенбург был выявлен на основе палеомагнитных исследований кернов из долины р. Днестр [Величко и Светлицкая, 1988]. Однако подробного палеомагнитного анализа данных в северо-западном регионе Средне-Русской равнины не проводилось. Целью настоящей работы является исследование экскурса геомагнитного поля Гётенбург на этой территории.

2. ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИХ ОБРАБОТКИ

2.1. Археологическая стоянка Баранова Гора. Образцы отложений археологической стоянки

* ВР (before present) — даты, отсчитываемые в прошлое от 1950 г., получены радиоуглеродным методом.

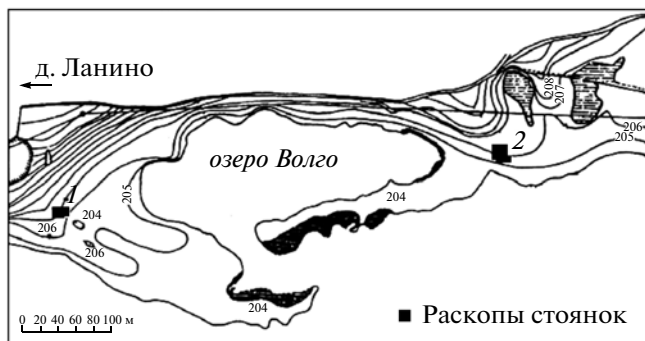


Рис. 1. Топографический план стоянок на северном берегу оз. Волго: 1 – стоянка Баранова Гора, 2 – стоянка Подол III/1.

Баранова Гора (рис. 1) отбирались по правилам, изложенным в работе [Кочегура, 1992]. Отбор проводился по вертикальному профилю северной стенки разреза с шагом, равным диаметру стеклянной ампулы, вдавливаемой в осадок по возможности вплотную друг к другу (рис. 2а). Для палеомагнитных исследований было отобрано 36 образцов из отложений песка и ископаемых почв. Расположение литологических слоев разреза по-

казано на рис. 2б, а их описание приведено в работе [Синицына и др., 2005]. Отметим, что слои 6–8 имеют следы современной деятельности человека, поэтому отбор образцов проводился от нижней кромки слоя 6.

При палеомагнитных исследованиях измеряется два параметра: скалярный параметр – магнитная восприимчивость K , отражающий содержание ферромагнитного минерала в каждом из образцов, и вектор естественной остаточной намагниченности J_n (в зарубежной литературе NRM – Natural Remanent Magnitization), характеризующейся величиной J_n и двумя углами – склонения D и наклонения I . Углы склонения и наклонения указывают на направление вектора геомагнитного поля в момент отложения осадка.

Измерение магнитных характеристик осадочных пород из рассматриваемого разреза проводилось в Лаборатории магнитостратиграфии ФГУП ВНИГРИ. Лабораторные исследования и обработка полученных данных проводились по общепринятой методике, изложенной в работе [Храмов и др., 1982]. Измерения магнитной восприимчивости K проводились на измерителе KLY-2 (Чешская республика), измерения вектора J_n – на рокгенераторах JR-4 и JR-5 (Чешская республика).

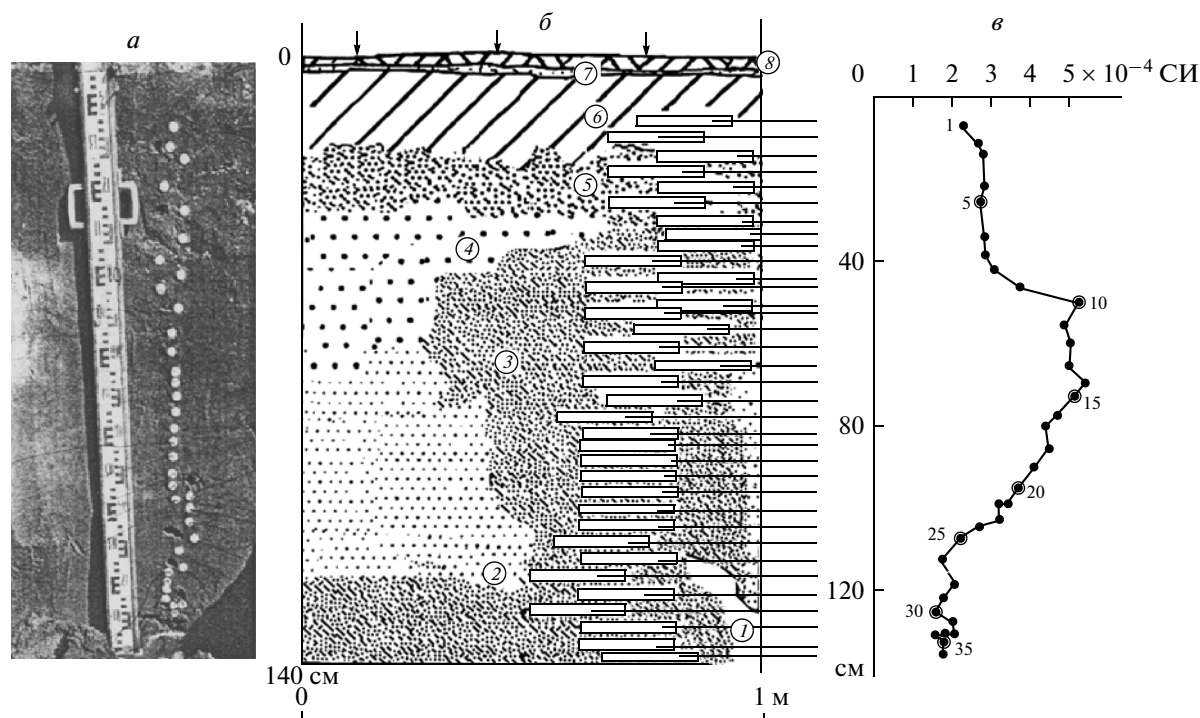


Рис. 2. Стоянка Баранова Гора. а – фото северной стенки раскопа и положение образцов, отобранных на палеомагнитный анализ. б – схема отбора образцов на палеомагнитный анализ в северной стенке разреза. С правой стороны разреза указаны номера образцов. Числа в кружках – номера литологических слоев: 1 – рыжевато-бурые пески, 2 – рыжевато-бурый песок со слабо выраженными подтеками органического вещества, 3 – песок, аналогичный слою 1, 4 – тонкозернистый песок серовато-желтого цвета, 5 – серо-желтый песок, 6 – погребенная почва, 7 – светло-серый песок (уровень кратковременного стояния озера), 8 – дерн, современная почва. в – график первичных значений магнитной восприимчивости K .

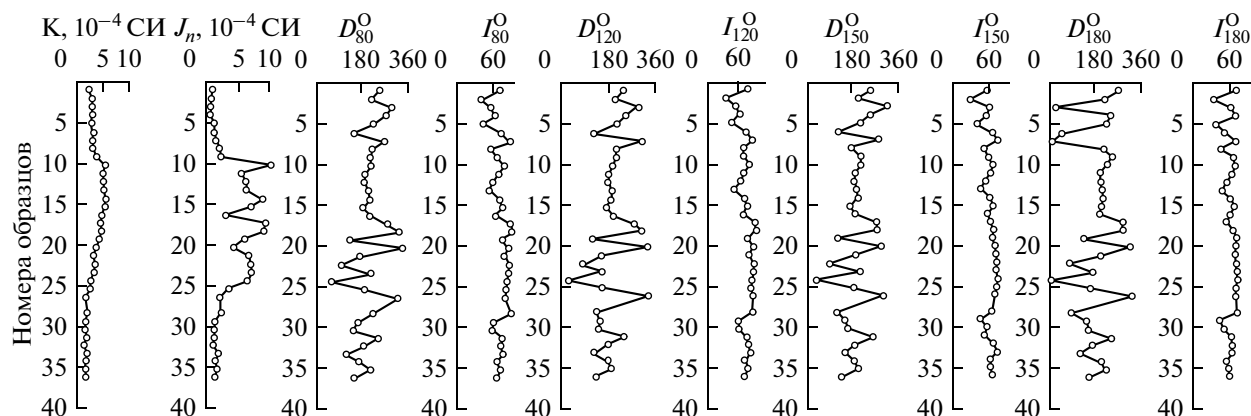


Рис. 3. Баранова Гора. График первичных значений (при 80°C) магнитной восприимчивости K и значений естественной остаточной намагниченности J_n , а также изменения углов склонения D и наклонения I при термочистке образцов по схеме $80-120-150-180^{\circ}\text{C}$.

В схеме палеомагнитных исследований обязательно предусматривается так называемая “магнитная чистка” образцов путем размагничивания их в переменном магнитном поле с последовательно возрастающей амплитудой или ступенчатого терморазмагничивания образцов с последующим охлаждением их в немагнитном пространстве после каждого нагрева [Храмов и др., 1982]. Такая процедура счищает иногда до 25% вторичной намагниченности, и остающиеся значения углов D и I отражают направление палеомагнитного поля в месте отбора образцов. Термочистка образцов проводилась на установке ТД 48 (США). Вычисление направлений J_n и представление результатов в графической форме проводилось с использованием имеющихся программ [Enkin, 1994]. По средним направлениям J_n и координатам места отбора образцов вычислялись координаты виртуальных геомагнитных полюсов F и L .

Результаты первичных измерений магнитных характеристик осадочных пород для археологического памятника Баранова Гора представлены на рис. 3, на котором приведены значения магнитной восприимчивости K (при $T = 20^{\circ}$), а также измененные значения естественной остаточной намагниченности J_n и углов склонения D и наклонения I при температурной чистке по схеме $80-120-150-180^{\circ}$ для каждого из образцов. Измеренные магнитные характеристики образцов представлены на рис. 3 в зависимости от глубины отбора образцов вниз по разрезу.

Распределение значений магнитной восприимчивости K и естественной остаточной намагниченности J_n отражает литологический состав разреза [Храмов и др., 1982]. На рисунке 2в в более крупном масштабе, чем на рис. 3, представлено распределение значений магнитной воспри-

имчивости K . Как можно видеть из графика, на глубине ~ 40 см происходит изменение значения магнитной восприимчивости K от $K = 5.2 \times 10^{-4}$ СИ до $K = 3.0 \times 10^{-4}$ СИ (образцы 10–8). Изменение K в сторону увеличения начинается от образца № 26 до образца № 14. Образец № 14 располагается вблизи границы слоев 4 и 3 разреза (рис. 2б). На рисунке 2б видно, что временной интервал от образца 26 до образца 8 соответствует формированию слоя бурых песков в месте отбора образцов. Увеличение K связано, по-видимому, с увеличением содержания ферромагнитных минералов в осадке.

2.2. Археологическая стоянка Подол III/1. Археологическая стоянка Подол III/1 расположена примерно в 500 метрах к востоку от стоянки Баранова Гора (рис. 1). Методика отбора образцов для этой стоянки и их палеомагнитное исследование были сходными с исследованием образцов для археологического памятника Баранова Гора. Всего был отобран 51 образец, из них на северной стенке разреза 44 и 7 – вблизи подошвы восточной стенки раскопа. На рисунке 4 представлена схема отбора образцов для разреза Подол III/1 и приведено литологическое описание разреза для северной и восточной стенок. На рисунке 5 в графической форме представлены исходные магнитные характеристики в зависимости от глубины отбора образцов вниз по разрезу. Более подробное первичное описание результатов палеомагнитных исследований для стоянки Подол III/1 приведено в работе [Гуськова и др., 2005]. По данным палинологического анализа разреза стоянки Подол III/1 на уровне образцов №№ 41–32 возраст отложений соответствует климатической фазе Аллерёд [Спиридонова и Алешинская, 1999], временной интервал развития которой в глобальном масштабе принимается равным 12000–11000 ВР [Хотинский, 1977]. Таким образом, временной

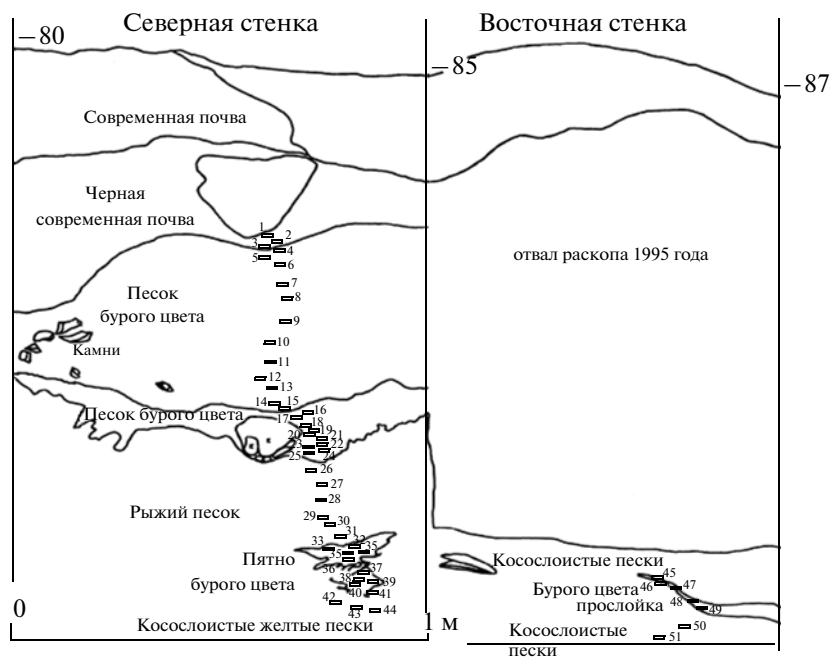


Рис. 4. Стоянка Подол III/1 – схема отбора образцов на палеомагнитный анализ по разрезам северной и восточной стенок стоянки Подол III/1.

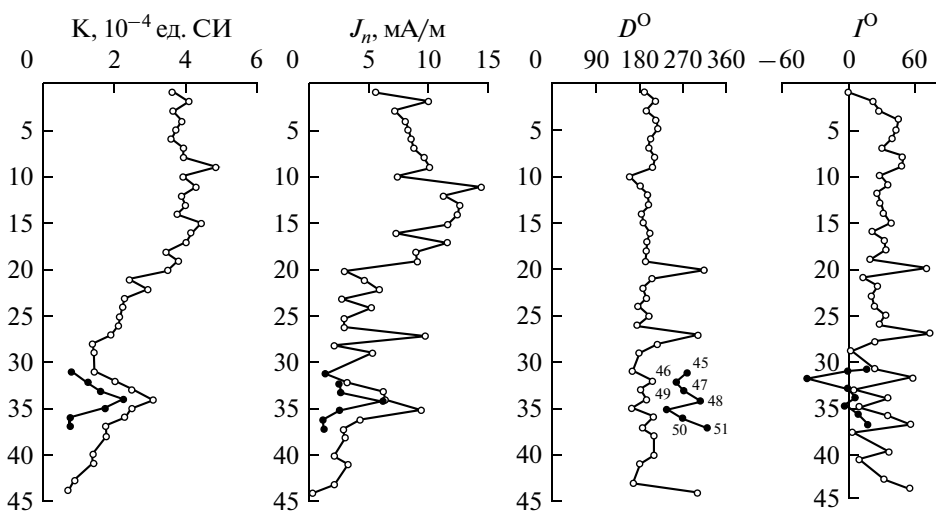


Рис. 5. Стоянка Подол III/1. График первичных (при 80°C) значений магнитной восприимчивости K , естественной остаточной намагниченности J_n , углов склонения D и наклонения I для образцов северной (кружки) и восточной (точки) стенок.

интервал, охватываемый разрезом, включает в себя и время развития экскурса геомагнитного поля Гётенбург.

Совместный анализ палеомагнитных характеристик двух расположенных недалеко друг от друга разрезов позволяет более детально проследить изменения палеомагнитного поля в северо-западном регионе Средне-Русской равнины, что будет способствовать более уверенному выделению развития экскурса Гётенбург.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АРХЕОЛОГИЧЕСКИХ ПАМЯТНИКОВ БАРАНОВА ГОРА И ПОДОЛ III/1 И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 6а представлена стереографическая проекция распределения направлений естественной остаточной намагниченности J_n , т.е. углов склонения D и наклонения I , для разреза Баранова Гора. На фоне довольно кучного распределения точек обращает на себя внимание положение точек,

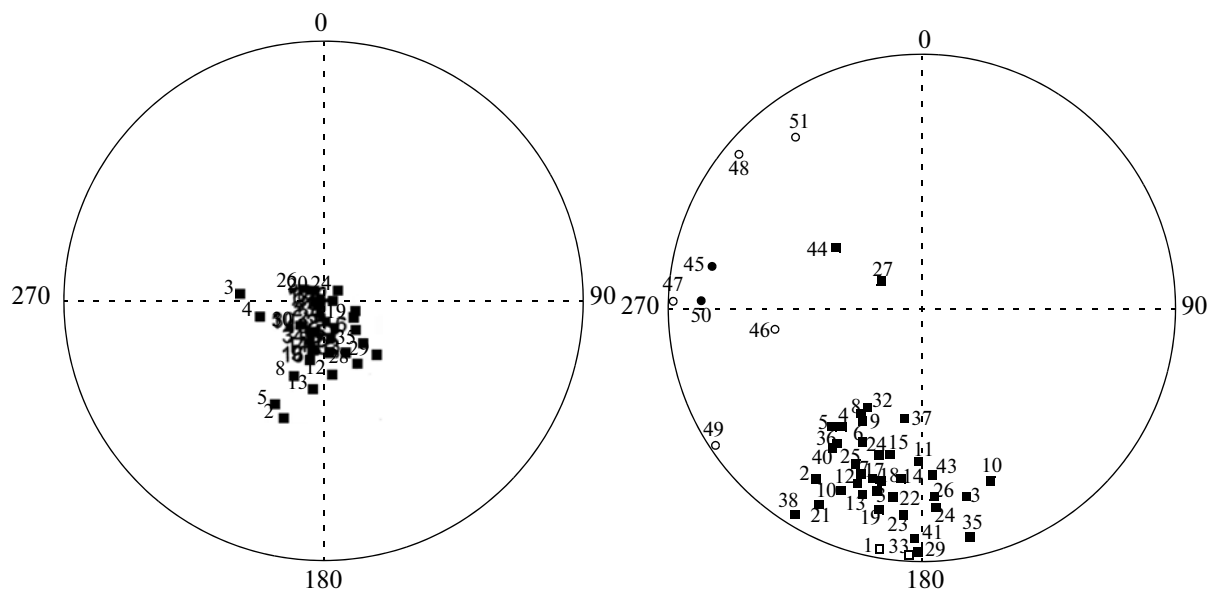


Рис. 6. Стереографическая проекция распределения первичных (при 80°C) направлений естественной остаточной намагниченности J_n , т.е. углов склонения D и наклонения I для разрезов: a – Баранова Гора и b – Подол III/1. Для разреза Подол III/1 квадратами обозначены данные для северной, а кружками – восточной стенки разреза. Просветы в центре значков означают, что для этих образцов ВПП проектируется в южное полушарие.

соответствующих образцам №№ 2, 3, 4, 5, которые наиболее сильно отклоняются от средних значений углов D и I . Это может служить основанием для предположения сильного изменения геомагнитного поля, т.е. экскурса.

На рисунке 6б представлена стереографическая проекция распределения направлений естественной остаточной намагниченности J_n , т.е. углов склонения D и наклонения I , для разреза Подол III/1. Обращает на себя внимание положение точек, соответствующих номерам образцов вблизи дна раскопа (№ 38 и более). Эти точки, в основном, располагаются вблизи проекции экваториальной плоскости, а также ряд точек отстоит в стороне от области кучного расположения точек, что также может указывать на изменение направления вектора J_n , т.е. на развитие экскурса геомагнитного поля.

Для идентификации экскурсов геомагнитного поля вычисляются так называемые виртуальные палеомагнитные полюсы (ВПП), т.е. определяются координаты полюса (широта F и долгота L), которым соответствуют значения углов склонения D и наклонения I в месте отбора образцов. Определение виртуальных полюсов дает возможность сравнивать траектории движения ВПП, полученные для различных географически удаленных объектов. Как правило, движение ВПП описывает траекторию в направлении по часовой стрелке вокруг (или вблизи) северного полюса. Во время экскурса происходит переход к движе-

нию против часовой стрелки, обычно с уменьшением значения широты F [Петрова и др., 1992].

Для разреза Баранова Гора были вычислены координаты виртуальных палеомагнитных полюсов – широта F и долгота L – после терморазмагничивания образцов до 180°C. По этим данным были построены траектории движения ВПП по образцам северной стенки разреза Баранова Гора (рис. 7). Аналогично по образцам северной стенки разреза Подол III/1 после терморазмагничивания образцов до 250°C были определены координаты палеомагнитных полюсов и построены траектории их движения (рис. 8). На рисунке 7а представлена траектория движения ВПП для разреза Баранова Гора от образца № 36 (отмечен специальным знаком – кружок) до образца № 1, а на рис. 8а приведена траектория движения ВПП от образца № 44 (также отмечен специальным знаком – кружок) до образца № 1 разреза Подол III/1.

Уже при первом взгляде наблюдается более кучное распределение значений широты F и долготы L для образцов разреза Баранова Гора по сравнению с разрезом Подол III/1. Разброс данных по широте F и долготе L для разреза Баранова Гора составляет от 10° S, 15° E (образец № 2) до 77° N, 40° E (образец № 7) и от 38° N, 329° W (образец № 17) до 58° N, 141° E (образец № 6). Для разреза Подол III/1 разброс данных по широте F и долготе L составляет от 59.5° N, 189.8° E (образец № 44) до 62.5° N, 89.9° E (образец № 3) и от 33.9° S, 293° W (образец № 1) до 25.2° N, 110° E (образец

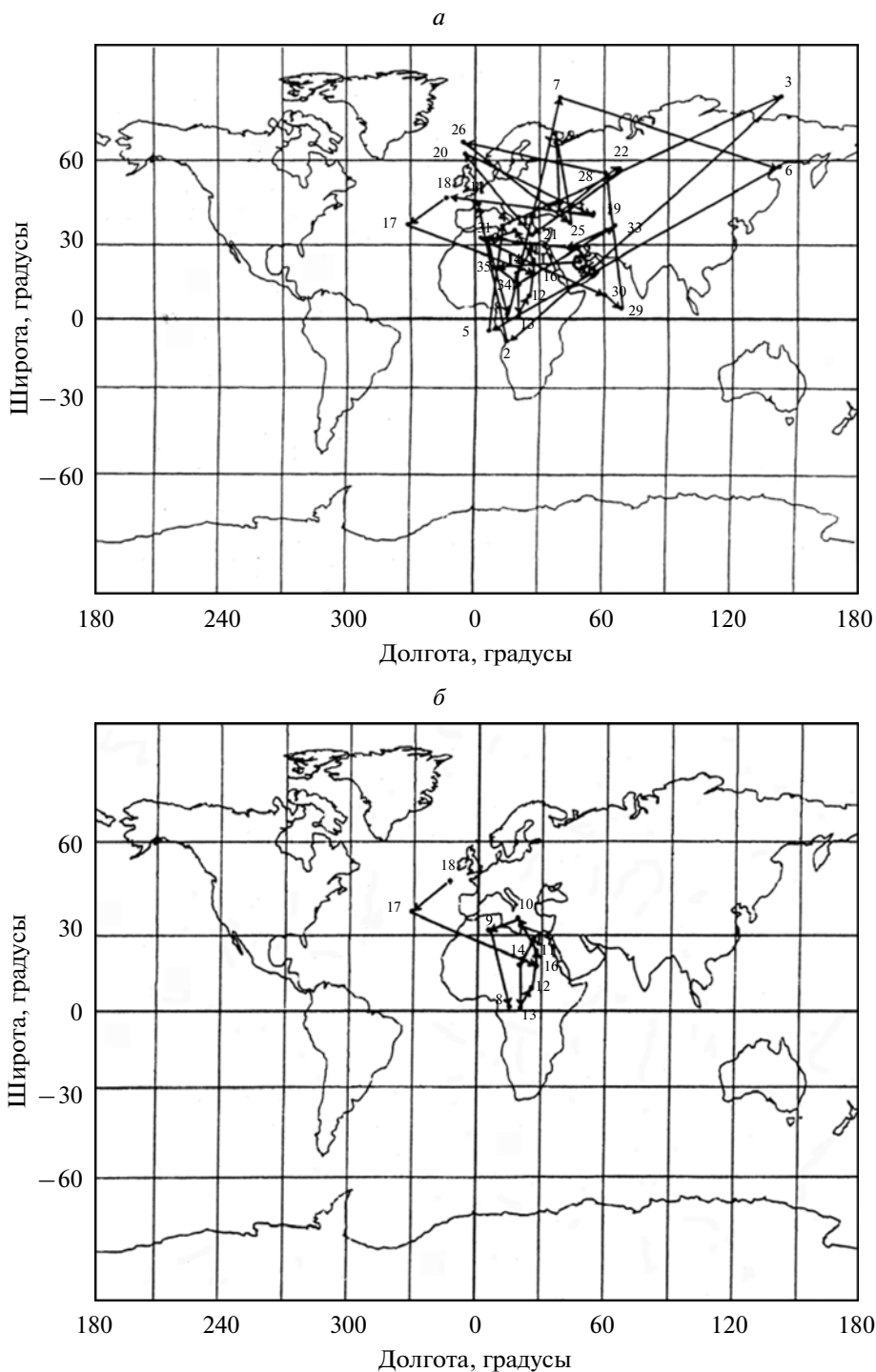


Рис. 7 Стоянка Баранова гора. *а* – траектория движения виртуальных палеомагнитных полюсов ВПП (после 180°С) по образцам северной стенки разреза Баранова Гора. *б* – траектория движения виртуальных палеомагнитных полюсов ВПП по образцам №№18–8 северной стенки, подтверждающие развитие экскурса Гётенбург.

№ 26). Анализ направления движения виртуальных палеомагнитных полюсов для обеих стоянок свидетельствует, что траектория движения направлена, в основном, по часовой стрелке. Однако у образцов №№ 18–8 стоянки Баранова Гора

(рис. 7*б*) и для стоянки Подол III/1 у образцов №№ 40–28 (северная стенка) и 51–45 (восточная стенка) (рис. 8*б*) направление движения образует петлю с направлением движения против движения часовой стрелки. Ранее упоминалось, что по-

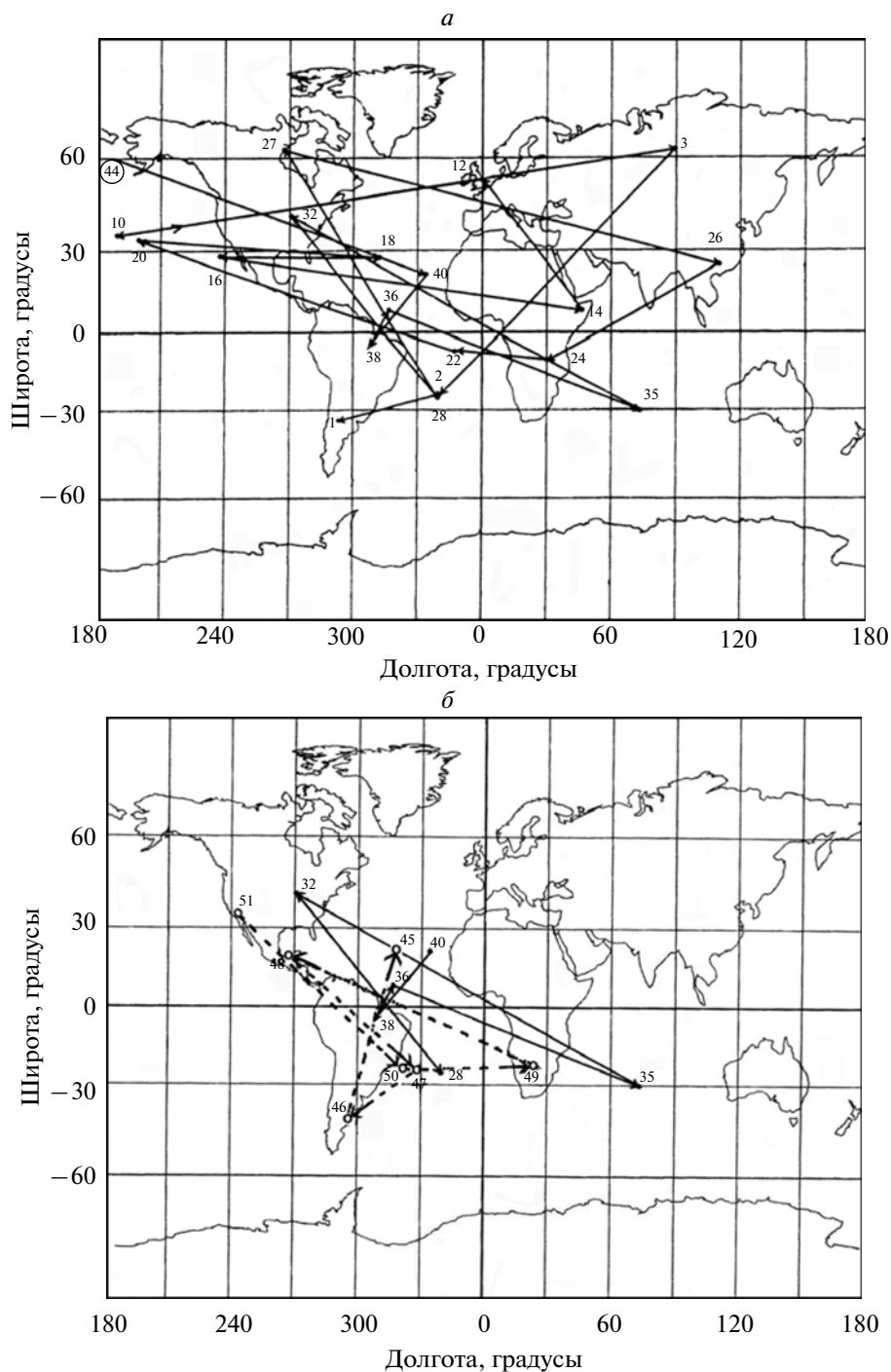


Рис. 8. Стоянка Подол III/1. *a* – траектория движения виртуальных палеомагнитных полюсов ВПП (после 250°C) по образцам северной стенки разреза Подол III/1; *b* – траектория движения виртуальных палеомагнитных полюсов ВПП по образцам №№ 44–28 северной стенки и №№ 51–45 восточной стенки, подтверждающие наличие экскурса Гётенбург.

добное движение ВПП указывает на наличие экскурса геомагнитного поля [Петрова и др., 1992]. Временной интервал, охватываемый раскопами с целью археологического изучения для обеих сто-

янок, составляет примерно 14000–8000 лет назад. Как указывалось ранее, в этом временном интервале было зафиксировано развитие только одного геомагнитного экскурса – экскурса Гётенбург.

Поэтому выявленный в настоящей работе экскурс может быть идентифицирован именно как этот экскурс.

Развитие экскурса Гётенбург по данным Мёрнера [Mörner, 1977] происходило во временном интервале от 13750 до 12350 ВР. Изменения магнитного поля во время экскурса имело нерегулярный характер, при этом около 12400 ВР оно претерпевало кратковременную инверсию (*flip*) продолжительностью около 200 лет. Как следует из траектории движения ВПП для обеих стоянок, в отмеченных временных интервалах (образцы 40–28 для стоянки Подол III/1 и образцы 18–8 для стоянки Баранова Гора) положение ВПП достигало экваториальных широт, т.е. полюс перемещался в южное полушарие.

Таким образом, результаты проведенных в настоящей работе палеомагнитных исследований позволили выявить, по-видимому, временной интервал развития именно инверсии (*flip*), который приурочен на основе радиоуглеродного анализа по данным Мёрнера к 12400 ВР. Как указывалось выше, по палинологическим данным, которые отражают климатические характеристики среды, развитие инверсии в геомагнитном экскурсе происходило несколько позже, во временном интервале 12000–11000 ВР (Аллерёд), к которому относятся образцы №№42–32 разреза Подол III/1. Подобное расхождению, по мнению авторов, может быть связано с тем, что на фазе окончания ледникового периода при переходе к голоцену имели место существенные изменения климата. Поскольку климатические изменения имеют региональное проявление, не исключено, что климатические условия, соответствующие фазе Аллерёд в районе расположения исследуемых археологических стоянок, получили развитие в более раннем, по сравнению с принятой глобальной классификацией, временном интервале. Кроме того, по мнению В.В. Кочегуры [Кочегура, 1992] развитие геомагнитного экскурса Гётенбург может различаться по времени в различных частях земного шара из-за западного дрейфа главного геомагнитного поля. Однако в нашем случае местоположение археологических стоянок отстоит от места отбора образцов Мёрнером, выявивших экскурс, только на 20° по долготе, и западный дрейф главного геомагнитного поля не мог привести к запаздыванию в 300–500 лет. Поэтому, по нашему мнению, обсуждаемое временное расхождение в датировке развития экскурса Гётенбург на Средне-Русской равнине по радиоуглеродным и палинологическим данным следует отнести за счет погрешности в определении временного интервала развития климатической фазы Аллерёд в исследуемом районе.

Геомагнитный хронологический репер — экскурс Гётенбург — указывает на то, что фаза Ал-

лерёд на Средне-Русской равнине началась на несколько сот лет ранее времени 12000 ВР — т.е. дате, обычно принимаемой за начало фазы Аллерёд [Хотинский, 1977]. Этот результат не противоречит и результатам других исследований климатической изменчивости в западных и северо-западных районах России. Величко и др. (2002) проанализировали палинологические данные для трех разрезов, расположенных на Восточно-Европейской равнине с целью проведения палеоклиматических реконструкций. Этими разрезами являлись: Понизовье, расположенное в верховьях бассейна р. Западная Двина, Мелехово, расположенное в 125 км к северо-востоку от Москвы и Бузулукский Бор, расположенный в Заволжье. Из приведенных в статье споро-пыльцевых диаграмм для этих разрезов за временной интервал 12000–0 ВР (рис. 2 из статьи Величко и др., 2002) и реконструкции температур для разреза Бузулукский Бор (рис. 9 этой же статьи) следует, что потепление климата, характерное для фазы Аллерёд, началось на несколько столетий ранее времени 12000 ВР. Полученные в настоящей работе результаты могут служить дополнительными аргументами, указывающими на необходимость учета региональных особенностей при датировке различных климатических фаз на рубеже позднеледниковья и голоцена.

Таким образом, палеомагнитные исследования отложений археологических стоянок в северо-западном регионе Русской Равнины выявили развитие геомагнитного экскурса Гётенбург и дали дополнительную хронологическую датировку археологических разрезов. Эта датировка близка к датировке разреза на основе археологического (сравнительный анализ ископаемого инвентаря), и палинологического (спорово-пыльцевого) анализов. Вместе с тем, полученный результат позволяет, по нашему мнению, уточнить временные сроки развития климатической фазы Аллерёд на Средне-Русской равнине.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведено палеомагнитное исследование раскопов двух археологических стоянок, расположенных в окрестности оз. Волго в Тверской области России на территории Средне-Русской равнины. В обоих раскопах, расположенных примерно в 500 метрах друг от друга, выявлено развитие геомагнитного экскурса Гётенбург, который датируется 13000–12350 ВР. Этот результат является первым выявлением развития экскурса Гётенбург в осадочных породах в северо-западном регионе Средне-Русской равнины. Применительно к археологическим исследованиям этот экскурс может служить хронологическим репером при привязке культурных слоев изучаемых археологических памятников.

Сопоставление времени развития экскурса Гётенбург с результатами палинологических исследований разреза позволило уточнить хронологические рамки развития климатической фазы Аллерёд для данного района Европейской части России. Развитие Аллерёд началось в этом районе примерно на 300–500 лет ранее, чем это датируется по классической шкале временных интервалов различных климатических фаз: по этой шкале начало Аллерёда приурочено к 12000 ВР.

Работа выполнялась при поддержке гранта Российского фонда фундаментальных исследований (грант № 10-05-00129)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бураков К.С., Начасова И.Е. Археомангнитные исследования многослойного памятника Большой Якорь на р. Витим // Тезисы докладов. IV Всесоюзный съезд по геомагнетизму. Владимир. Суздаль. Ч. 1. С. 6–7. 1991.
- Величко А.А., Светлицкая Т.В. Палеомагнитные реперы позднего плейстоцена центра Русской равнины // ДАН СССР, Т. 300. № 2. С. 444–448. 1988.
- Величко А.А., Дренова А.Н., Климанов В.А., Кременецкий К.В. Изменение климата в Восточной Европе и в Сибири на рубеже позднеледникового и голоцена / Пути эволюционной географии (итоги и перспективы). М.: Институт географии РАН. С. 186–206. 2002.
- Гуськова Е.Г., Распопов О.М., Пискарев А.Л., Дергачев В.А., Мёрнер Н.-А. Тонкая структура геомагнитного поля за последние 30000 лет по намагниченности осадков Баренцева моря // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 44. № 4. С. 554–560. 2004.
- Гуськова Е.Г., Распопов О.М., Иосифиди А.Г., Сеницына Г.В., Сеницын А.А. Палеомагнитные исследования отложений многослойной стоянки Подол III/1 на озере Волго в Тверской области // Тверской археологический сборник. Вып. 5. С. 44–53. 2005.
- Гуськова Е.Г., Распопов О.М., Пискарев А.Л., Дергачев В.А. Проявление геомагнитного экскурса Гётенбург в донных осадках Баренцева моря // Геомагнетизм и аэрономия. Т. 47. № 6. С. 825–830. 2007.
- Демиденко Е.Л., Фаустов С.С., Николаев С.Д. Экскурс Гётеборг в осадках Черного моря // Стратиграфия. Геологическая корреляция. Т. 6. № 2. С. 81–90. 1998.
- Кочегура В.В. Применение палеомагнитных методов при геологической съемке шельфа. С.-Петербург: ВСЕГЕИ. 143 с. 1992.
- Петрова Г.Н., Нечаева Т.Б., Поспелова Г.А. Характерные изменения геомагнитного поля в прошлом. М.: Наука, 175 с. 1992.
- Сеницына Г.В., Лаврушин Ю.А., Спиридонова Е.А. Археологические материалы в послеледниковых отложениях на северном берегу озера Волго в Тверской области / Квартер 2005. Материалы IV Всероссийского совещания по изучению четвертичного периода. Сыктывкар. С. 400–402. 2005.
- Спиридонова Е.А., Алешинская А.С. Опыт применения палинологического анализа для периодизации мезолита Волго-Окского междуречья / Исторический музей-энциклопедия отечественной истории и культуры. Тр. ГИМ. Вып. 3. М. С. 127–141. 1999.
- Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 200 с. 1977.
- Храмов А.Н., Гончаров Г.И., Комиссарова Р.А., Писаревский С.А., Погарская И.А., Ржевский Ю.С., Родионов В.П., Слауцитайс И.П. Палеомагнитология. Л.: Недра, 312 с. 1982.
- Enkin R.J. A computer program package for analysis and presentation of palaeomagnetic data. Pacific Geoscience Centre of Geology Survey of Canada. Sidney. 16 p. 1994.
- Mörner N.-A., Lanser J. P., Hospers J.P. Late Weichselian palaeomagnetic reversal // Nature, Phys. Sci. V. 234. P. 173–174. 1971.
- Mörner N.-A., Lanser J.P. Gothenburg magnetic “Flip” // Nature Physical Science. V. 251. P. 408–409. 1974.
- Mörner N.-A. The Gothenburg magnetic excursion// Quaternary Research. V. 7. № 3. P. 413–427. 1977.
- Wang B., Tang X., Liu Z., Yuan Y. Paleomagnetic results of core NS-89-76 in Nansha Sea Area. Distributions of marine environmental research in Nansha Islands and it neighboring Sea Area (1). Hubei Science and Technology Press. P. 301–308. 1991.